

皮膚の生理機能を評価するためのレーザースペックル血流計の開発

著者	永嶋 義直
発行年	2019-12-27
その他のタイトル	Development of laser speckle blood flowmeter for evaluating the physiological function of skin
学位授与番号	17104甲情工第344号
URL	http://hdl.handle.net/10228/00007577

氏 名	永嶋 義直
学 位 の 種 類	博 士 (情報工学)
学 位 記 番 号	情工博甲第344号
学位授与の日付	令和元年12月27日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	皮膚の生理機能を評価するためのレーザースペckル血流計の開発
論文審査委員	主 査 教 授 岡本 卓
	〃 安田 敬
	〃 鈴木 恵友
	准教授 齊藤 剛史
	〃 小西 直樹

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

ストレスや疲労などの内的及び外的環境要因による刺激が、皮膚血行動態の反応性を低下させることで、皮膚の生理機能を悪化させている可能性が示唆されている。しかし、現在に至るまで、顔面全体の皮膚血流量、或いは皮膚血流量の反応性を、非侵襲で、かつ連続的に個体間の比較ができる計測機器は存在しなかった。

そこで、動物実験用のレーザースペckル血流計 (LSFG) を原器として、カラーCMOSカメラ及び心電図信号の入力を新たに導入し、計測解析ソフトを改変した試作機器を開発した。このLSFGが、皮膚血流量を正確に計測し、LSFGの血流波形指標が加齢や肌性状と関連があるかどうかを明らかにすることで、皮膚生理物性値を直接計測しなくとも皮膚血流値から皮膚性状を予測できるかどうか検討した。

(1) 顔特徴点抽出ソフトウェアを使った画像処理により非侵襲的に顔特徴点を検出し、これら顔特徴点をランドマークとして、半自動的に顔メッシュを割り付けるモーフィング技術により、顔面の大きさに比例した部位の血流量の指標を求めることができた。

(2) 計測距離の違いによる皮膚血流測定値の安定性を評価した。まず、物体速度とLSFGの組織血流量の指標であるMBRとの間には、線形関係があり、加算誤差及び比例誤差がないことを確認した。次に、顔面全体の約1/4が計測できる25cmと顔面全体が計測できる50cmの計測距離で皮膚血流を測定した。その結果、これらの測定値は同等であることを明らかにした。更に、計測角度の違いによる皮膚血流の安定性を調べたところ、50cmの計測距離で顔面各部位が計測視野から外れない、 -30° から 30° の角度範囲で、安定した皮膚血流量が計測できた。

(3) 既存の血流計測法である熱クリアランス法 (TDM) の傾きの値は、LSFGで計測したMBR値と有意な負の相関関係が認められた。TDMの傾きの値は、皮膚血流量と反比例の関係にあることがGraysonの理論によって、明らかにされていることから、LSFGで計測したMBR値は、皮膚血流量を示

す指標として有効であることが示された。

(4) 皮膚血流量の絶対値計測が可能で、既に計測法が確立されているストレインゲージプレシモグラフ (SPG) で計測した皮膚血流量と、LSFGで計測したMBR値との間には、有意な正の相関関係が認められ、LSFGで計測したMBR値は、皮膚血流量を示す指標として有効であることが示された。

(5) 一心拍時間で正規化した顔面皮膚血流量MBRを基に皮膚血流に特化した血流波形指標は、加齢と共に末梢血管抵抗が高まり (CVR)、皮膚組織への血液の流入が抑制され (FAI)、血流量がピークに達してから急激に低下するまで (Falling rate) 皮膚組織に血流量を維持する能力が低下している (BOT) 可能性を示した。

(6) 一心拍時間で正規化した顔面皮膚血流量MBRを基に皮膚血流に特化した血流波形指標は、① MBRが高いと皮膚の赤みが高くなる可能性が示唆された。② BOTが高いと皮表角層水分量が高くなる可能性が示唆された。③ Falling rateが大きいと皮膚弾性が低くなる可能性が示唆された。④ CVRが大きいと経皮水分蒸散量が少なくなる可能性が示唆された。

従って、LSFGは、皮膚血流量を評価する機器として、非侵襲で連続的に部位を限定されることなく皮膚血流量を計測することが可能であることが示された。その結果、顔面全体と局所の皮膚血流量を個体間比較することが可能となった。さらに、皮膚血流を計測すると皮膚生理物性値を直接計測しなくとも皮膚性状を予測できる可能性が示唆された。これより、本研究は医療や美容の研究分野の発展に大きく寄与することが期待される。

学位論文審査の結果の要旨

本論文に関し、調査委員から、測定対象の範囲、測定部位による違い、測定値の較正、人以外への応用の意義などについて質問がなされたが、いずれも著者から満足な回答が得られた。

また、公聴会においても、多数の出席者があり、種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士 (情報工学) の学位に十分値するものであると判断した。